

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова

**І.О. Ратушняк, М.М. Семенов, Л.П. Ратушняк**

## **ВТОРИННІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**Методичні вказівки  
для студентів заочної форми навчання**

*Рекомендовано Методичною радою НУК*

Миколаїв 2007

УДК 368.23 (075.8)

**Ратушняк І.О., Семенов М.М., Ратушняк Л.П.** "Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження": Методичні вказівки для студентів заочної форми навчання. – Миколаїв: НУК, 2007. – 48 с.

*Кафедра суднових та стаціонарних енергетичних установок*

Подано навчальну програму, рекомендації до вивчення дисципліни "Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження", контрольні запитання для самоперевірки, зміст контрольних робіт та варіанти завдань, методичні вказівки до виконання контрольних робіт для студентів спеціальностей "Теплоенергетика" та "Суднові енергетичні установки та устаткування".

Матеріали можуть бути корисними для студентів споріднених спеціальностей при виконанні курсових і дипломних проєктів, пов'язаних з енергетичними об'єктами, а також для самостійної роботи студентів денної форми навчання.

*Рецензент* канд. техн. наук, доц. Ю.М. Харитонов

*Згідно з наказом №110 від 25.04.07 "методичні вказівки публікуються в авторській редакції, і відповідальність за їх редагування несе автор".*

## ВСТУП

Розвиток енергозбереження в Україні неможливий без глибокого засвоєння знань про основні засади енергозбереження; фактори, що призводять до високої енергоємності ВВП; можливості економії теплової і електричної енергії; принципові та технологічні схеми виробництва енергії та утилізації з використанням вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР); сучасне обладнання та устаткування використання теплових ВЕР; досвід розвинутих країн у впровадженні систем енергетичного планування та енергозбереження; напрямки управління енергозбереженням.

Саме таку інформацію надає дисципліна "Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження", яка ґрунтується на попередньому вивченні студентами таких дисциплін, як "Паливо та паливопідготовка", "Топки та котельні установки ТЕС і промислових підприємств, парогенератори", "ТЕС та АЕС і установки", "Економіка енергетики", "Суднові енергетичні установки". Вони розкривають теорію робочих процесів, принципи вибору і застосування теплоенергетичних установок (характеристики палив, процеси згоряння палива у топках, характеристики топкових пристроїв, теплові баланси, характеристики виробничих та невиробничих втрат, існуючі та перспективні методи і способи підвищення ККД).

Дисципліна "Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження" відноситься до циклу професійно орієнтованих дисциплін і забезпечує засвоєння студентами таких спеціальних дисциплін, як

"Проектування промислових та комунальних теплоенергетичних установок", "Проектування суднових енергетичних установок", "Проектування систем промислових та комунальних теплоенергетичних установок", "Проектування систем суднових енергетичних установок".

*Метою вивчення дисципліни є формування систематизованих знань про проблеми енергетики України, енергетичне обладнання з максимальним використанням вторинних енергоресурсів у технологічних циклах та для цілей комунального господарства і морського транспорту; нові методи енергетичного планування та енергозбереження в енергетичних системах України у відповідності з вимогами Енергетичної хартії, міжнародних угод та державної політики, законів, стандартів і норм.*

Після засвоєння дисципліни студент повинен:

*знати* основні напрямки національної енергетичної політики, основні заходи щодо реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2030 року; вимоги національної Програми ресурсозбереження; джерела ВЕР у теплоенергетиці та на морському транспорті; принцип дії, основні процеси і схеми, конструкції та проектні вимоги до устаткування використання ВЕР; нові та перспективні способи підвищення ефективності використання енергоресурсів;

*уміти* самостійно оцінити рівень виходу ВЕР та можливу економію від розміщення пристроїв використання ВЕР; визначити доцільність продовження експлуатації теплоенергетичного устаткування і підібрати необхідне обладнання у відповідності з характеристиками ВЕР і вимогами технологічного процесу;

*мати уявлення* про основні аспекти енергетичної безпеки; складові паливно-енергетичного балансу України; енергетичне планування і енергозбереження в Україні; організаційні, правові та екологічні засади використання ВЕР.

Більша частина теоретичних розділів дисципліни призначена для самостійного вивчення, а складні для засвоєння теми виносяться на лекційні заняття в обсязі, передбаченим навчальним планом.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Під час вивчення курсу "Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження" студенти заочної форми навчання повинні:

- самостійно вивчити матеріал згідно з навчальною програмою, користуючись рекомендованою основною та допоміжною літературою;

- засвоїти матеріал лекційних та практичних занять;

- самостійно контролювати засвоєння матеріалу, відповідаючи на запитання для самоперевірки;

- виконати контрольну роботу та вирішити практичні завдання; скласти залік з курсу.

Курс доцільно засвоювати системно з одночасним складанням опорного конспекту опрацьованого матеріалу (перевагу слід надавати схемам, діаграмам тощо); переходити до наступної теми після закріплення знань з попередньої. Запитання, що виникають під час засвоєння матеріалу, доцільно фіксувати та знаходити на них відповіді за допомогою викладача на консультаціях.

Метою оглядових лекцій, які читаються протягом семестру, є висвітлення загального змісту окремих тем і найбільш важливих та проблемних положень курсу для наступного їх практичного застосування, а також питань, недостатньо повно відображених у наявних підручниках та посібниках.

Для студентів спеціальностей "Теплоенергетика" та "Суднові енергетичні установки та устаткування" навчальним планом передбачено вивчення дисципліни "Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження" протягом одного семестру, виконання контрольної роботи та залік.

# ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ "ВТОРИННІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ"

Найменування розділів та тем	Розподіл навчального часу			
	Всього	Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота студента
I. Основні аспекти енергетичної безпеки України	24	2	—	22
Оцінка рівня енергетичної безпеки. Формування енергетичної стратегії і політики	10	—	—	10
Енергетичне планування і енергозбереження в Україні	14	2	—	12
II. Класифікація ВЕР. Стан і перспективи використання ВЕР	20	2	2	16
Класифікація ВЕР. Визначення виходу ВЕР суднових та стаціонарних ЕУ	10	1	1	8
Паливно-енергетичні баланси. Повний енергетичний аналіз і замикуючі витрати	10	1	1	8
III. Пристрої для використання ВЕР технологічних агрегатів та низькопотенціальних ВЕР	38	4	2	32
Установки для внутрішнього та зовнішнього використання теплоти відпрацьованих газів	16	2	2	12
Охолодження конструктивних елементів високотемпературних установок	6	—	—	6
Використання низькопотенціальних ВЕР	16	2	—	14
IV. Основи енерготехнологічного комбінування і модернізації, енерготехнологічні установки. Енергоекономічна та екологічна ефективність використання ВЕР	26	2	—	24
<i>Всього</i>	108	10	4	94

# ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЇЇ ВИВЧЕННЯ

## Зміст дисципліни

***Основні аспекти енергетичної безпеки України. Оцінка рівня енергетичної безпеки.*** Формування енергетичної стратегії і політики. Енергетична безпека як елемент економічної безпеки країни. Світовий досвід забезпечення енергетичної безпеки (Росія, США, ЄС). Складові паливно-енергетичного балансу та енергозбереження України.

*Література:* [2, с. 43–97; 4, с. 3–19, 21–47, 49–73; 9, с. 427–436; 11, с. 43–83, 132–214].

***Енергетичне планування і енергозбереження в Україні.*** Стан паливно-енергетичних ресурсів України. Енергоємність економіки України. Сучасне енергетичне планування. Метод комплексного планування ресурсів. Шляхи розвитку енергозбереження в Україні. Структура управління енергозбереженням та її ефективність.

*Література:* [1, с. 68–77; 4, с. 75–101, 102–117; 5; 6, с. 168–177, 213–220; 12; 13; 14, с. 167–242].

***Класифікація вторинних енергетичних ресурсів. Стан і перспективи використання ВЕР.*** Класифікація ВЕР промисловості та морського транспорту. Загальна характеристика ВЕР та перспективи їх використання. Основні показники, що характеризують використання ВЕР та її ефективність. Методики визначення виходу ВЕР, показників використання ВЕР та економії умовного палива завдяки використанню ВЕР.

*Література:* [1, с. 123–127, 135–162; 3, с. 12–25; 7, с. 14–22, 38–41, 135–193; 8, с. 14–17, 18–43; 10, с. 4–14; 15, с. 4–19].

***Паливно-енергетичні баланси. Повний енергетичний аналіз та замикаючі витрати.*** Мета розроблення та призначення енергетичних балансів. Види енергобалансів. Первинна інформація. Розробка, побудова та подання енергобалансів. Аналіз енергобалансів.

*Література:* [3, с. 2–11; 7, с. 22–29; 8, с. 44–54].

**Пристрої для використання ВЕР технологічних агрегатів та низькопотенціальних ВЕР. Установки для внутрішнього та зовнішнього використання теплоти відпрацьованих газів.** Регенератори. Керамічні та металеві рекуператори. Сталеві радіаційні і комбіновані рекуператори. Низькотемпературні котли на відпрацьованих газах (КВГ). Класифікація КВГ, теплотехнічні особливості. Уніфіковані котли. Котли на відпрацьованих газах з повітряпідігрівачами. Котли на відпрацьованих конверторних газах. Водяні економайзери.

**Література:** [1, с. 133–135; 7, с. 35–61, 66–70; 8, с. 63–120; 15, с. 104–122].

**Охолодження конструктивних елементів високотемпературних установок.** Охолодження технологічних агрегатів. Випарне та водяне охолодження, відкриті та закриті системи. Використання пари ВЕР у неопалювальний період.

**Література:** [7, с. 42–47, 70–76; 8, с. 121–138].

**Використання низькопотенціальних ВЕР.** Напрями та схеми використання відпрацьованої пари ВЕР. Принципові схеми використання теплоти виробничої води. Теплові акумулятори. Пароводяні та водяні акумулятори теплоти СЕУ і промислових об'єктів. Теплові насоси і теплові трансформатори.

**Література:** [1, с. 127–133; 7, с. 29–35, 62–70, 77–105, 151–157; 8, с. 155–183; 15, с. 29–58; 16, с. 6–20, 98–123].

**Основи енерготехнологічного комбінування і модернізації, енерготехнологічні установки. Енергоекономічна та екологічна ефективність використання ВЕР.** Аналіз характеристик існуючих вогнетехнічних установок. Особливості енерготехнологічного паливовикористання у промисловості і морському транспорті. Енерготехнологічна модернізація діючих установок. Енерготехнологічні комбіновані і комплексні установки. Енергоекономічність використання ВЕР у різних схемах енергоспоживання. Екологічна ефективність використання ВЕР у різних схемах енергоспоживання.

**Література:** [1, с. 162–169; 3, с. 122–132; 7, с. 105–124; 8, с. 184–217, 271–284; 15, с. 132–144].



## Рекомендації щодо вивчення дисципліни

***Основні аспекти енергетичної безпеки України. Оцінка рівня енергетичної безпеки. Енергетичне планування і енергозбереження в Україні.*** При вивченні розділу потрібно звернути увагу на особливості трактування поняття економічної безпеки, розуміння її внутрішніх та зовнішніх аспектів, механізм вибору системи індикаторів енергетичної безпеки, специфічні риси критеріїв для України та засвоїти порогові та фактичні значення показників-критеріїв. Бажано оцінювати стан енергетичної безпеки України враховуючи такі індикатори, як рівень власного забезпечення потреби у паливно-енергетичних ресурсах, долю імпорту з однієї країни і енергоемність економіки. Необхідно отримати чітке уявлення про основні засади формування енергетичної стратегії та енергетичної політики, особливо завдань загального, організаційно-економічного, управлінського та технічного характеру. Доцільно розглянути світовий досвід (Рo) забезпечення енергетичної безпеки, особливо розвиток енергозберігаючих технологій, заходи фінансового та регуляторного впливу.

Зважаючи на співвідношення потреб і пропозицій паливно-енергетичних ресурсів, необхідно розуміти механізм визначення потреб у сирій нафті з врахуванням потужностей нафтопереробних заводів, природного газу – з можливостями газотранспортної системи, світового попиту на нафтопродукти і газ, особливостей пропозиції нафти і газу на українському ринку, платоспроможного попиту та диверсифікації джерел надходження нафти і газу. Необхідно зрозуміти причини нерентабельності вуглевидобутку в Україні та провідне місце електроенергетики серед базових, стратегічних галузей економіки. Потрібно знати про рівень енергоемності економіки України та чинники, що її зумовлюють, шляхи її зниження, принципи державної політики енергозбереження, особливості управління цією діяльністю, мати уявлення про правила експертизи, стандартизації і нормування, контроль та відповідальність за порушення чинного законодавства. Варто ознайомитися з матеріалами про стан та потенціал енергозбереження в Україні, основними положеннями Закону України "Про енерго-

збереження", розглянути проблеми при виконанні програм з енергозбереження, завдання та шляхи розвитку енергозбереження, основні підходи для комплексного планування ресурсів.

***Класифікація вторинних енергетичних ресурсів. Стан і перспективи використання ВЕР. Паливно-енергетичні баланси.*** Розглядаючи класифікацію вторинних енергетичних ресурсів промисловості та морського транспорту необхідно чітко зрозуміти відмінності між горючими та тепловими ВЕР і засвоїти особливості напрямів використання ВЕР споживачами. Варто звернути увагу на основні техніко-економічні показники ВЕР різноманітних технологічних та паливовикористовуючих агрегатів.

Необхідно отримати чітке уявлення про основні показники, що характеризують використання ВЕР. Зважаючи на це, необхідно засвоїти методику визначення виходу ВЕР, показників використання ВЕР та економії умовного палива завдяки використанню ВЕР.

Потрібно знати цілі, особливості розроблення та призначення енергетичних балансів, існуючі види енергобалансів. Слід звернути увагу на механізм та порядок збирання первинної інформації. Зважаючи на це, необхідно зрозуміти особливості розробки, побудови та подання енергобалансів, знати їх переваги та недоліки, а також досконало володіти методиками аналізу енергобалансів.

***Пристрої для використання ВЕР технологічних агрегатів та низькопотенціальних ВЕР.*** Потрібно мати уявлення про особливості конструкцій установок для внутрішнього використання теплоти відпрацьованих газів. Слід звернути увагу на доцільність розміщення на теплоенергетичному устаткуванні відповідного типу установок – від регенератора до рекуператора (керамічний або металевий, сталевий радіаційний чи комбінований рекуператор).

Бажано розглянути особливості схем використання установок для зовнішнього енергетичного використання теплоти відпрацьованих газів, особливо низькотемпературних котлів на відпрацьованих газах (КВГ), їх класифікацію, теплотехнічні особливості. Потрібно мати уявлення про уніфіковані котли, котли на відпрацьованих газах з повітряпідігрівачами та котли на відпрацьованих конверторних газах. Особливу увагу слід звернути на водяні еко-

номайзери як найбільш простий спосіб підвищення економічності технологічних агрегатів.

Однією з задач в теплоенергетиці є зменшення теплових втрат на ТЕС у навколишнє середовище, тому треба мати уявлення про умови та особливості охолодження конструктивних елементів високотемпературних та технологічних агрегатів, доцільність використання випарного або водяного охолодження та відкритої чи закритої системи у залежності від схеми агрегату. Особливо актуальним в умовах України є питання використання пари ВЕР у неопалювальний період.

Необхідно чітко розуміти, що найбільші втрати у теплоенергетиці та на морському транспорті припадають на низькопотенціальні ВЕР, тому напрями та схеми використання відпрацьованої пари ВЕР і теплоти виробничої води є найбільш перспективними. Слід знати основні напрямки вирішення цієї проблеми, існуючі методи та технологічні схеми застосування теплових акумуляторів (пароводяних чи водяних або акумуляторів котлової води). Слід звернути увагу на сучасний світовий досвід застосування теплових насосів і теплових трансформаторів.

***Основи енерготехнологічного комбінування і модернізації, енерготехнологічні установки. Енергоекономічна та екологічна ефективність використання ВЕР.*** Необхідно чітко розуміти, що сучасна наука і техніка поки що не знайшли економічно виправданих рішень скорочення втрат існуючих вогнетехнічних установок, і знати основні особливості енерготехнологічного паливовикористання у промисловості та на морському транспорті, існуючі методи енерготехнологічної модернізації діючих установок та схеми сучасних енерготехнологічних комбінованих і комплексних установок.

При вивченні розділу потрібно засвоїти, що можливі схеми використання ВЕР дають широкий спектр за таким показником, як енергоекономічність використання ВЕР, тому особливу увагу слід звертати на екологічну ефективність.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

### *Основні аспекти енергетичної безпеки України. Оцінка рівня енергетичної безпеки. Енергетичне планування і енергозбереження в Україні*

1. Коротко охарактеризуйте існуючі види енергетичних ресурсів.
2. Проаналізуйте основні аспекти енергетичної безпеки України.
3. Охарактеризуйте існуючі внутрішні фактори загрози енергетичній безпеці України.
4. Наведіть існуючі зовнішні фактори загрози енергетичній безпеці України.
5. Охарактеризуйте основні критерії енергетичної безпеки для України.
6. Наведіть узагальнені критеріальні показники енергетичної безпеки. В чому полягає мета їх розробки?
7. Проаналізуйте порогові значення критеріальних показників енергетичної безпеки.
8. Як забезпечується необхідний рівень енергетичної безпеки в Російській Федерації?
9. Проаналізуйте досвід забезпечення енергетичної безпеки у країнах Євросоюзу.
10. Як забезпечується необхідний рівень енергетичної безпеки у США?
11. Охарактеризуйте складові паливно-енергетичного балансу України.
12. Які основні складові енергозбереження в Україні?
13. Охарактеризуйте рівень енергоємності економіки України та запропонуйте шляхи її зниження.
14. Проаналізуйте співвідношення "потреби-пропозиція" паливно-енергетичних ресурсів України.
15. Яка структура управління енергозбереженням України?
16. Які аспекти зумовлюють особливості забезпечення енергетичної безпеки України?
17. Охарактеризуйте існуючі заходи державного регулювання щодо забезпечення енергетичної безпеки.

18. Визначте основні завдання загального характеру, розв'язання яких має бути складовою державної політики для забезпечення енергетичної безпеки.

19. Визначте основні завдання організаційно-економічного характеру, розв'язання яких має бути складовою державної політики для забезпечення енергетичної безпеки.

20. Визначте основні завдання управлінського характеру, розв'язання яких має бути складовою державної політики для забезпечення енергетичної безпеки.

21. Визначте основні завдання технічного характеру, розв'язання яких має бути складовою державної політики для забезпечення енергетичної безпеки.

22. Визначте потенційний попит України у сирій нафті.

23. Визначте потенційний попит України у природному газі.

24. Визначте потенційний попит України у вугіллі.

25. Визначте потенційний попит України у електроенергії.

26. Які чинники зумовлюють високу енергоємність ВВП в Україні?

27. Наведіть основні напрями підвищення енергетичної ефективності економіки України.

28. Коротко охарактеризуйте основні нормативно-правові акти України у сфері енергозбереження.

29. Які, на Вашу думку, існують в Україні бар'єри на шляху до ефективного енерговикористання та ефективної енергетики?

30. Яким чином здійснюється державне управління енергозбереженням в Україні?

### ***Класифікація вторинних енергетичних ресурсів. Стан і перспективи використання ВЕР. Паливно-енергетичні баланси***

1. Наведіть класифікацію вторинних енергетичних ресурсів.

2. Що Ви розумієте під термінами: енергоощадність, вторинний енергетичний ресурс, горючі ВЕР, теплові ВЕР, механічні ВЕР, ВЕР надлишкового тиску. Наведіть приклади.

3. Що Ви розумієте під термінами: вихід ВЕР, питомий вихід ВЕР, резерв утилізації ВЕР? Наведіть приклади.

4. Проаналізуйте поняття ТЕВП (теплова енергія високого потенціалу), її потенціал та можливості використання.

5. Поясніть різницю між загальними енергетичними втратами та неминучими втратами енергії в технологічному агрегаті. Наведіть приклади.

6. У чому полягає різниця між енергетичними відходами внутрішнього та зовнішнього використання? Наведіть приклади.

7. Поясніть відмінності між можливим, планованим та фактичним використанням ВЕР. Наведіть приклади.

8. Як визначити коефіцієнт утилізації ВЕР, прибуток за рахунок використання ВЕР та собівартість ВЕР?

9. Поясніть різницю між можливим, планованим та фактичним виробітком енергії за рахунок ВЕР. Наведіть приклади.

10. Що Ви розумієте під термінами: утилізаційні установки, теплоутилізаційне обладнання, газові утилізаційні безкомпресорні турбіни? Наведіть приклади.

11. В чому полягає різниця між енергомісткістю, тепломісткістю та електромісткістю продукції?

12. Як визначити ККД котла-утилізатора та коефіцієнт використання утилізаційної установки?

13. Поясніть різницю між електроозброєністю праці за енергією та потужністю. Дайте визначення терміну – енергоозброєність праці.

14. Наведіть методику визначення виходу паливих ВЕР.

15. Наведіть методику визначення виходу теплових ВЕР.

16. Наведіть методику визначення виходу теплових ВЕР для нагрітих відхідних газів паливоспалювальних печей.

17. Наведіть методику визначення виходу теплових ВЕР для нагрітих продуктів або відходів виробництва.

18. Наведіть методику визначення виходу теплових ВЕР для систем охолодження.

19. Наведіть методику визначення можливого виробітку теплової енергії (пара, гаряча вода) внаслідок використання теплових ВЕР.

20. Наведіть методику визначення можливого виробітку електроенергії в утилізаційному турбогенераторі внаслідок використання ВЕР надлишкового тиску.

21. Наведіть методику визначення можливого виробітку холоду внаслідок використання теплових ВЕР.

22. Охарактеризуйте існуючі види теплоносіїв СЕУ.
23. Охарактеризуйте існуючі види теплоносіїв на промисловому підприємстві.
24. Порівняйте особливості рівнянь балансу паливоспоживаючих та електричних установок.
25. Які існують показники використання ВЕР?
26. Охарактеризуйте поняття ПЕБ (паливно-енергетичний баланс). На чому базується розробка ПЕБ та які види ПЕБів існують?
27. Яка основна мета комплексного планування ресурсів (КПР)? Наведіть основні та додаткові цілі енергетичного планування.
28. В чому полягає різниця між експериментальним, розрахунковим і комбінованим способами складання енергетичних балансів? Яка первинна інформація необхідна для розробки та аналізу енергетичних балансів?
29. Поясніть мету розробки енергетичних балансів. У чому полягає різниця між плановим, поточним, проектним та раціональним енергетичними балансами.
30. Які існують види енергобалансів? Охарактеризуйте існуючі способи розробки, форми побудови та подання енергобалансів.

### ***Пристрої для використання ВЕР технологічних агрегатів та низькопотенціальних ВЕР***

1. У чому полягають переваги систем випарного охолодження агрегатів (промислових печей)?
2. Які особливості конструкції та роботи систем водяного охолодження теплоенергетичних установок?
3. Які існують принципові схеми використання теплоти виробничої води на промисловому підприємстві?
4. Наведіть приклади використання теплоти систем водяного охолодження у судновій енергетиці.
5. Наведіть приклади використання теплоти водяного охолодження на промислових підприємствах.
6. На чому базуються схеми утилізації теплоти водяного охолодження? Які їх відмінності в залежності від тиску, який допускається для конструкцій елементів охолодження?

7. Охарактеризуйте основні напрями та схеми використання відпрацьованої пари ВЕР.

8. Чи доцільно електроенергетичне використання пари ВЕР? Якщо так, поясніть.

9. Поясніть доцільність використання теплоти ВЕР для технологічних потреб (ТП) при таких теплоносіях, як вода та пара, з врахуванням особливостей існуючих видів теплових акумуляторів.

10. Проаналізуйте принцип дії та особливості роботи ВА (водяного акумулятора).

11. Проаналізуйте принцип дії та особливості роботи ПВА (пароводяного акумулятора).

12. З якою метою застосовуються акумулятори котлової води?

13. Як визначається величина теплової акумуляції для розрахунку місткості акумуляторів?

14. Проаналізуйте особливості використання пари ВЕР у неопалювальний період.

15. Які особливості застосування схем зі скиданням пари ВЕР до проточних частин турбін ТЕЦ?

16. Чому використання ВЕР для ТП, забезпечення гарячою водою і виробничих циклів є найбільш бажаним?

17. Чим відрізняються котли на відпрацьованих газах (КВГ) від звичайних котлів?

18. Охарактеризуйте недоліки КВГ, особливо при розміщенні їх за мартенівськими печами.

19. Наведіть існуючу класифікацію КВГ.

20. У чому полягають особливості застосування, переваги та недоліки охолоджувачів конверторних газів (ОКГ)?

21. Проаналізуйте техніко-економічні показники низькотемпературних КВГ.

22. Проаналізуйте техніко-економічні показники водяних економайзерів.

23. Як застосовуються водяні економайзери для використання ВЕР?

24. Які види поверхневих економайзерів випускаються промисловістю? Охарактеризуйте їх.

25. Охарактеризуйте особливості конструкції, мету застосування та характеристики контактних економайзерів.



26. У чому полягають переваги та недоліки КВГ і водяних економайзерів у випадку використання ВЕР?

27. У яких випадках застосовуються регенератори з цегли, які їх переваги та недоліки?

28. До чого призводить реверсивний рух продуктів згоряння у робочих камерах технологічних агрегатів?

29. Як під час роботи регенератора змінюються протягом часу температури продуктів згоряння, підігрітого повітря і насадок з цегли?

30. Поясніть вплив газощільності керамічного рекуператора на умови теплообміну у ньому та на роботу печі в цілому.

31. Чим визначається надійність роботи металевих рекуператорів? Поясніть.

32. Які типи рекуператорів доцільно застосовувати у промисловості?

33. Проаналізуйте техніко-економічні показники сталевих радіаційних і комбінованих рекуператорів.

34. Проаналізуйте техніко-економічні показники металевих рекуператорів.

35. Проаналізуйте техніко-економічні показники керамічних рекуператорів.

36. Проаналізуйте техніко-економічні показники регенераторів з насадками, що рухаються.

37. Проаналізуйте техніко-економічні показники регенераторів з нерухомими насадками.

38. Чому в сталевих трубчатих рекуператорах доцільно застосовувати труби малого діаметру?

39. Яким чином досягається інтенсифікація роботи щілинного рекуператора?

40. Поясніть різницю між діаграмами теплозабезпечення гострою парою та за допомогою теплового насоса.

41. Поясніть особливості циклу роботи парокомпресорного теплового насоса у  $T-S$ -діаграмі.

42. Порівняйте існуючі типи теплових трансформаторів.

43. Які існують схеми установок з абсорбційними тепловими насосами?

44. Порівняйте схеми установок з механічними тепловими трансформаторами.

45. Які існують схеми установок з термохімічними тепловими трансформаторами?

46. У чому полягають особливості схем установок з компресійними тепловими насосами?

47. Чи доцільно застосовувати пароструменеві теплові трансформатори? Якщо так, то у яких установках.

48. Наведіть приклади застосування теплових насосів та теплових трансформаторів в судновій енергетиці.

49. Наведіть приклади застосування теплових насосів та теплових трансформаторів для постачання тепла у промисловості.

50. Наведіть приклади застосування теплових насосів та теплових трансформаторів для постачання тепла у комерційному секторі.

51. Які найбільш розповсюджені типи теплових насосів Ви знаєте? Наведіть приклади.

52. Наведіть схему повітряного теплового насосу з контактним повітрянагрівачем і проаналізуйте цикл його роботи.

53. Від яких чинників залежить коефіцієнт перетворення теплового насоса?

54. Чи доцільно використовувати теплові насоси для отримання пари? Наведіть можливі принципові схеми таких установок.

55. Охарактеризуйте можливості створення великих теплонасосних станцій? Якщо такі існують, наведіть їх основні характеристики.

56. У чому полягають переваги та недоліки послідовної схеми використання ВЕР для підігріву води мережі?

57. У чому полягають переваги та недоліки паралельної схеми використання ВЕР для підігріву води мережі?

58. У чому полягають переваги та недоліки паралельно-послідовної схеми використання ВЕР для підігріву води мережі?

59. Порівняйте особливості двох варіантів паралельно-послідовної схеми використання ВЕР.

60. Який із варіантів паралельно-послідовної схеми використання ВЕР є найкращим і чому?

***Основи енерготехнологічного комбінування і модернізації, енерготехнологічні установки. Енергоекономічна та екологічна ефективність використання ВЕР***

1. Наведіть методику розрахунку економії умовного палива внаслідок паливного напрямку використання ВЕР.
2. Наведіть методику розрахунку економії умовного палива внаслідок теплового напрямку використання ВЕР.
3. Наведіть методику розрахунку економії умовного палива внаслідок електроенергетичного напрямку використання ВЕР.
4. Яким чином можливо скоротити вихід ВЕР? Як визначити термін окупності капіталовкладень у використання ВЕР і економічну ефективність використання ВЕР?
5. Наведіть методику розрахунку показників ефективності енергозбережних заходів внаслідок використання ВЕР.
6. Який тепловий потенціал відпрацьованих газів ГТУ і від чого він залежить?
7. Які існують основні напрямки використання ВЕР привідних ГТУ?
8. Охарактеризуйте теплові споживачі ВЕР компресорних станцій.
9. Які існують схеми утилізації тепла ГТУ? У чому полягає різниця між послідовною та паралельною схемами підключення утилізаційного теплообмінника?
10. Наведіть особливості теплоутилізаційних повітряних систем газотурбінних компресорних станцій.
11. Які основні види парогазових установок застосовуються на компресорних станціях? Наведіть їх основні характеристики.
12. Від чого залежить ККД парогазових установок без спалювання додаткового палива?
13. Яким чином оцінюється ККД парогазових установок зі спалюванням додаткового палива?
14. Наведіть існуючі схеми енерготехнологічних ГТУ, які працюють на природному газі.
15. Поясніть алгоритм визначення економічної ефективності застосування "замкнутих" схем використання ВЕР.

16. Поясніть алгоритм визначення економічної ефективності застосування "розімкнутих" схем використання ВЕР.

17. Які технічні проблеми перешкоджають або гальмують використанню ВЕР?

18. Які економічні проблеми перешкоджають або гальмують використанню ВЕР?

19. Які психологічні проблеми перешкоджають або гальмують використанню ВЕР?

20. Які екологічні аспекти вирішуються при утилізації тепла ВЕР?

21. Поясніть алгоритм розрахунку потужності основних та резервних джерел теплоти повітряних теплоутилізаційних систем.

22. Наведіть приклади енерготехнологічної модернізації у промисловості.

23. Наведіть приклади промислового застосування енерготехнологічних установок.

24. Наведіть приклади застосування енерготехнологічних установок у судновій енергетиці.

25. Розгляньте можливість використання ВЕР конвертерних газів у КВГ та котлах теплоелектроцентралей.

26. Чи можливі комплексні схеми використання ВЕР для теплозабезпечення будівель на машинобудівному виробництві? Поясніть їх особливості.

27. Які особливості поєднання схем використання ВЕР для підприємств машинобудування та для районних систем теплозабезпечення.

28. Які особливості використання ВЕР на невеликих підприємствах машинобудівної галузі?

29. Наведіть приклади застосування енерготехнологічного обладнання у побуті.

30. Наведіть приклади застосування енерготехнологічного обладнання у комерційному секторі.

# СКЛАД КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ ТА ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

Після вивчення теоретичного матеріалу дисципліни студенти повинні самостійно виконати контрольну роботу, яка має за мету показати рівень розуміння ними особливостей національних програм енергозбереження, видів і масштабів ВЕР у енергетиці та на морському транспорті, технічної і економічної доцільності використання енергозберігаючих пристроїв та технологій, конструктивних особливостей пристроїв утилізації ВЕР і, в той же час, отримати практичні навички визначення виходу ВЕР у теплоенергетиці та на морському транспорті, основних масогабаритних характеристик теплових акумуляторів і економічної ефективності прийнятих рішень.

Контрольна робота складається з двох частин.

У першій частині студент дає відповіді на теоретичні питання (варіанти завдання необхідно вибрати з табл. 1, у якій номери питань розд. 1–4 відповідають переліку контрольних питань із дисципліни). Відповіді на контрольні запитання мають бути повними

**Таблиця 1. Варіанти контрольних завдань (перша частина)**

Порядковий номер у групі	Номер питання		Порядковий номер у групі	Номер питання	
	Розділ 3	Розділи 1, 2 і 4		Розділ 3	Розділи 1, 2 і 4
01	6, 33	16	16	21, 48	1
02	7, 34	17	17	22, 49	2
03	8, 35	18	18	23, 50	3
04	9, 36	19	19	24, 51	4
05	10, 37	20	20	25, 52	5
06	1, 60	21	21	16, 43	6
07	2, 59	22	22	17, 44	7
08	3, 58	23	23	18, 45	8
09	4, 31	24	24	19, 46	9
10	5, 32	25	25	20, 47	10
11	11, 38	26	26	26, 53	11
12	12, 39	27	27	27, 54	12
13	13, 40	28	28	28, 55	13
14	14, 41	29	29	29, 56	14
15	15, 42	30	30	30, 57	15

(доцільно користуватися рекомендованою у даних методичних вказівках основною та допоміжною літературою) і не повинні повністю дублювати текст підручників.

У другій частині студент виконує наступне:

1. Аналізує стан енергетичної безпеки однієї із заданих країн. Варіанти країн, які відповідають порядковому номеру студента у групі, необхідно вибрати з табл. 2.

2. Визначає вихід ВЕР технологічного агрегату або ГД СЕУ і доцільність встановлення КВГ. Вихідні дані, які відповідають порядковому номеру студента у групі, необхідно вибрати з табл. 5.

3. Вивчає особливості конструкцій теплових акумуляторів і виконує розрахунки їх габаритних розмірів. Вихідні дані акумулятора, які відповідають порядковому номеру студента у групі, необхідно вибрати з табл. 7.

4. Визначає доцільність та термін окупності енергозберігаючої програми з встановлення нових світильників. Вихідні дані, які відповідають порядковому номеру студента у групі, необхідно вибрати з табл. 8.

Контрольна робота виконується в окремому зошиті або на аркушах паперу формату А4. Текстова та графічна частини повинні бути виконані з наведенням необхідних проміжних розрахунків та значень і у відповідно до вимог оформлення технічної документації.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЗАВДАНЬ**

### ***Практичне завдання № 1. Оцінка рівня енергетичної безпеки***

**Таблиця 2. Вихідні дані для завдання № 1**

Порядковий номер у групі	Країна	Порядковий номер у групі	Країна
01	Естонія	03	Білорусія
02	Туреччина	04	США

*Продовж. табл. 2*

Порядковий номер у групі	Країна	Порядковий номер у групі	Країна
05	Європейський Союз	18	АР Крим
06	Італія	19	Данія
07	Швейцарія	20	Англія
08	Китай	21	Естонія
09	АР Крим	22	Туреччина
10	Данія	23	Білорусія
11	Англія	24	США
12	Казахстан	25	Європейський Союз
13	Азербайджан	26	Італія
14	Ізраїль	27	Ізраїль
15	Росія	28	Росія
16	Швейцарія	29	Казахстан
17	Китай	30	Азербайджан

*Енергетична безпека держави визначається її спроможністю гарантовано забезпечувати свої поточні і перспективні потреби у якісній та економічно доступній енергії з урахуванням імовірності особливих режимів функціонування економіки у надзвичайних ситуаціях.*

Україна належить до енергодефіцитних країн – за рахунок власних джерел потреби в первинних енергоресурсах задовольняються менше, ніж на 50 % (табл. 3). Вітчизняна промисловість характеризується надмірними витратами енергоресурсів на одиницю ВВП. Це обумовлено:

зростаючою питомою вагою важкої промисловості;

відсутністю позитивних результатів від реструктуризації паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) на користь вітчизняних енергоносіїв;

**Таблиця 3. Структура споживання паливно-енергетичних ресурсів**

Початок ХХІ ст.	Споживання у відсотках від загального				
	Нафта	Природний газ	Вугілля	Ядерне паливо	Гідроенергія
Україна	9,4	40,4	23	14,0	2,1
Японія	49,9	12,6	18,3	16,0	1,4
Польща	22,3	11,1	62,5	0,0	0,2

поширеним використанням застарілих енерговитратних технологій, понаднормативним фізичним спрацюванням фондів.

Загроза енергетичній безпеці України зумовлена низкою факторів, які можна класифікувати як внутрішні та зовнішні.

*Внутрішні фактори:*

відсутність платоспроможного попиту на енергоресурси у мінімально критичному обсязі для потреб суспільства;

надмірна енергоємність ВВП;

застарілість та високий рівень спрацювання енергетичних потужностей;

недостатній обсяг інвестицій у розвиток галузей ПЕК;

недостатній рівень власного виробництва устаткування та матеріалів для ПЕК;

відсутність власного виробництва ядерного палива і повного ядерного циклу;

відсутність належного контролю за діями трейдерів;

недосконалість нормативно-правового забезпечення функціонування та розвитку галузей ПЕК.

*Зовнішні фактори:*

високий рівень монополізації постачання імпортних ПЕР;

залежність від імпорту значної частки виробничого устаткування, матеріалів та послуг для галузей ПЕК.

Рівень енергетичної безпеки оцінюють за допомогою системи показників і критеріїв, за якими визначені порогові значення (табл. 4).

**Таблиця 4. Критеріальні показники енергетичної безпеки**

Показники	Порогові значення
Рівень забезпечення потреби у ПЕР, %	100
Частка потреби у ПЕР, що забезпечується за рахунок імпорту з однієї країни, %	30
Наявність стратегічних запасів ПЕР, %	100
Енергоємність економіки, кг.у.п./\$ ВВП	0,5–0,6
Рівень використання існуючих виробничих потужностей нафтопереробки, %	85
Рівень використання існуючих потужностей з транспортування нафти, %	85



*Продовж. табл. 4*

Показники	Порогові значення
Рівень використання існуючих потужностей з транспортування газу, %	85
Рівень використання існуючих потужностей зі зберігання газу, %	85
Надійність експлуатації об'єктів ПЕК, %	100

*Найвищий ступінь безпеки* досягається за умови, що увесь комплекс показників перебуває у допустимих межах своїх значень, при цьому порогові значення одного показника досягаються не за рахунок інших.

*Критерії енергетичної безпеки* для України такі:

покриття потреб у енергії за різних режимів функціонування економіки;

досягнення такого рівня диверсифікації джерел надходження імпорتنих енергоносіїв, за якого жодна з країн-постачальників не має монополії на внутрішньому ринку України і не може здійснювати тиск;

забезпечення максимального завантаження існуючих потужностей з переробки первинних паливних ресурсів;

забезпечення безаварійної роботи ПЕК.

***Практичне завдання № 2. Визначення виходу ВЕР технологічного агрегату або ГД СЕУ та доцільність встановлення котла-утилізатора (КВГ)***

*Для студентів спеціальності "Теплоенергетика"*: технологічний агрегат опалюється сірчистим мазутом з масовими частками вуглецю, водню, сірки, кисню, азоту, золи та вологи наведеними нижче (%),  $Q_H^P = 39600$  кДж/кг.

$g_H$	$g_C$	$g_S$	$g_O$	$g_N$	$g_A$	$g_W$
11,25	83,18	2,93	0,29	0,2	0,2	1,95

За агрегатом планується розміщення КВГ. Підсоси повітря до КВГ – 0,15 α. Питома витрата умовного палива на заміщуванні установці –  $b_{зуп} = 45,0$  кг/ГДж.

Для студентів спеціальності "Суднові енергетичні установки та устаткування": головний двигун використовує мазут сірчистий флотський Ф5 з масовими частками вуглецю, водню, сірки, кисню, азоту, золи та вологи наведеними нижче (%),  $Q_H^P = 41860$  кДж/кг.

$g_H$	$g_C$	$g_S$	$g_O$	$g_N$	$g_A$	$g_W$
12,2	85,8	1,7	0,52	0,28	0,1	0,3

За ГД планується розміщення котла-утилізатора. Підсоси повітря до КВГ – 0,15  $\alpha$ . Питома витрата умовного палива на заміщуваній установці –  $b_{зуп} = 45,0$  кг/ГДж.

**Таблиця 5. Вихідні дані для розрахункового завдання № 2**

Порядковий номер у групі	Річна витрата палива, тис. т	$t_1$ на вході до КВГ, °C	$t_2$ за КВГ, °C	$\alpha$	Вартість КВГ, млн. \$
1	50,0	450	190	1,15	1,5
2	50,0	425	200	1,17	0,75
3	50,0	400	210	1,19	0,95
4	50,0	380	220	1,21	1
5	50,0	360	230	1,23	1,4
6	55,0	450	230	1,25	1,1
7	55,0	425	220	1,15	1,25
8	55,0	400	210	1,17	1
9	55,0	380	200	1,19	2
10	55,0	360	190	1,21	1,5
11	60,0	450	190	1,23	1,75
12	60,0	425	200	1,25	0,95
13	60,0	400	210	1,15	1
14	60,0	380	220	1,17	1,4
15	60,0	360	230	1,19	1,1
16	65,0	450	230	1,21	1,25
17	65,0	425	220	1,23	1
18	65,0	400	210	1,25	2
19	65,0	380	200	1,15	1,5
20	65,0	360	190	1,17	0,75
21	70,0	450	190	1,15	0,95
22	70,0	425	200	1,17	1
23	70,0	400	210	1,19	1,4
24	70,0	380	220	1,21	1,1

*Продовж. табл. 5*

Порядковий номер у групі	Річна витрата палива, тис. т	$t_1$ на вході до КВГ, °С	$t_2$ за КВГ, °С	$\alpha$	Вартість КВГ, млн. \$
25	70,0	360	230	1,23	1,25
26	75,0	450	230	1,25	1
27	75,0	425	220	1,15	2
28	75,0	400	210	1,17	1,5
29	75,0	380	200	1,19	0,75
30	75,0	360	190	1,21	0,95

*Визначити:* вихід ВЕР, можливий виробіток пари, економію палива та термін окупності після встановлення котла-утилізатора.

### **Загальні поняття про ВЕР**

*Вторинні енергетичні ресурси* – енергетичний потенціал продукції, відходів, побічних та проміжних продуктів, що утворюються в технологічних агрегатах (установках, процесах), який не використовують у самому агрегаті, але його може бути частково або повністю використано для енергопостачання інших агрегатів (процесів) (рис. 1).

ВЕР суднової енергетики і промисловості діляться на три основні групи: горючі, теплові, надлишкового тиску (табл. 6).

*Пальні (паливні) ВЕР* – хімічна енергія відходів технологічних процесів, невикористовуваних або непридатних для подальшого технологічного перероблення, що можуть бути використані як котельно-пічне паливо. Пальні ВЕР використовуються в основному як паливо і небагато (5 %) на інші потреби (переважно як сировина).

*Теплові ВЕР* – ентальпія газів, що відходять із технологічних агрегатів, основної, побічної, проміжної продукції та відходів виробництва, теплота робочих тіл систем охолодження технологічних агрегатів і установок, ентальпія гарячої води і пари, які відпрацювали в технологічних установках, а також теплота пари і гарячої води, які побічно отримано в технологічних установках.

До теплових ВЕР не належать: теплота відхідних газів, основної, побічної, проміжної продукції та відходів виробництва, що повертається до агрегату ВЕР внаслідок регенерації або рецирку-

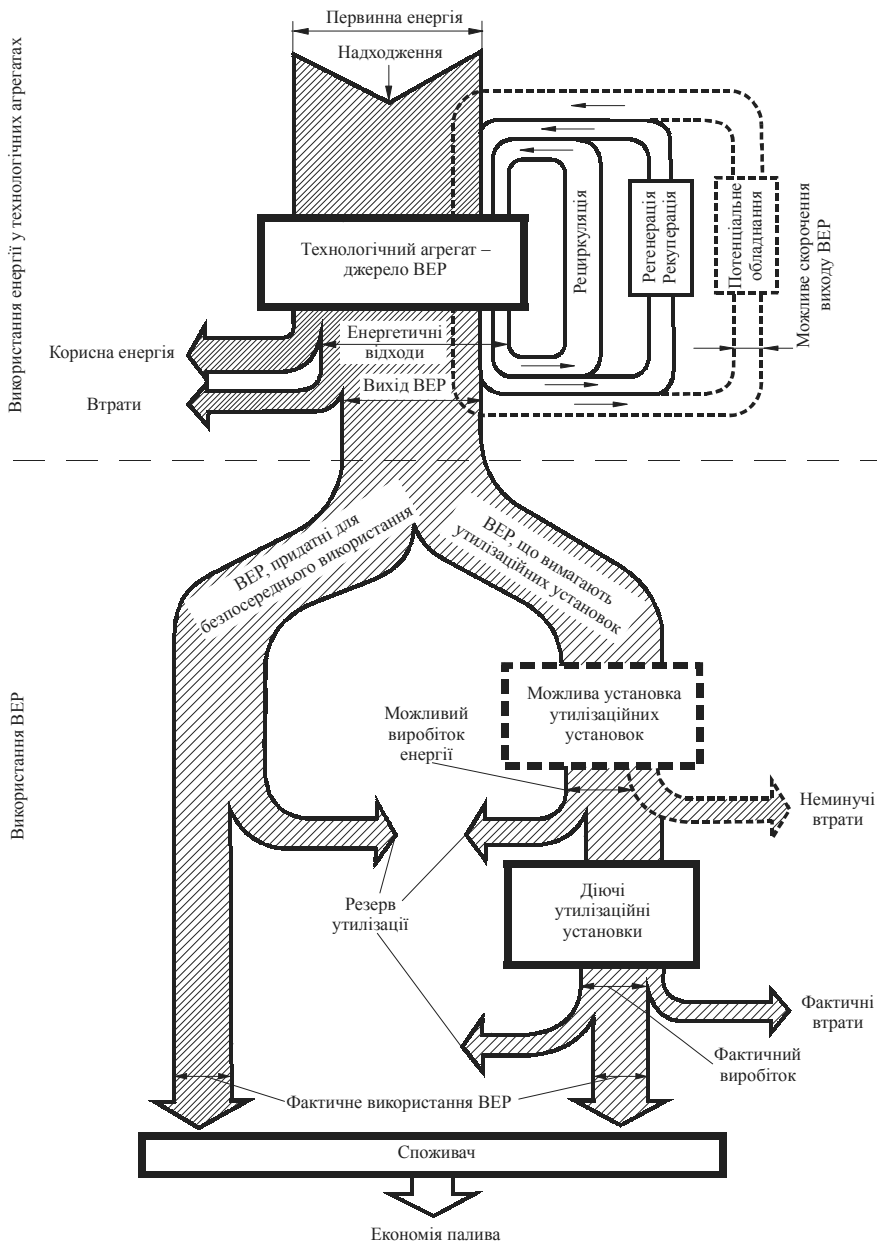


Рис.1. Принципова схема використання енергоресурсів при утилізації ВЕР

ляції; ентальпія конденсату, що повертається до парогенераторів або до джерел паропостачання; ентальпія продуктів, які направляють на наступну стадію перероблення.

*ВЕР надлишкового тиску* – це потенціальна енергія газів, рідин і сипучих тіл, що виходять з технологічних агрегатів з надлишковим тиском (напором), який необхідно знизити перед наступним ступенем використання цих рідин, газів та сипучих тіл або перед викидом їх в атмосферу, водойми, ємності та інші приймачі. Сюди ж відноситься надлишкова кінетична енергія.

### *Основні напрямки використання ВЕР*

*Паливний* – безпосереднє використання паливих ВЕР як котельно-пічного палива.

*Тепловий* – використання енергоносіїв, які виробляють внаслідок використання ВЕР в утилізаційних установках (КВГ) або одержаних безпосередньо як ВЕР, для забезпечення потреби у тепловій енергії, а також для одержання штучного холоду в абсорбційних холодильних установках.

*Електроенергетичний* – використання ВЕР з перетворенням енергетичного потенціалу енергоносія для одержання електроенергії в газових або парових конденсаційних турбоагрегатах.

*Комбінований* – використання енергетичного потенціалу теплових ВЕР для вироблення в утилізаційних установках ТЕЦ електроенергії та теплової енергії за теплофікаційним циклом.

### *Основні показники, що характеризують використання ВЕР*

*Вихід ВЕР* – кількість ВЕР, що утворюються в технологічній установці (агрегаті) за розглядуваний проміжок часу (година, доба, місяць, квартал, рік).

*Виріботок (енергії) внаслідок використання ВЕР* – тепла, електрична чи механічна енергія, яку одержано внаслідок використання ВЕР у КВГ. Розрізняють можливий, планований та фактичний виробіток.

*Можливий виробіток (енергії) внаслідок використання ВЕР* – максимальний виробіток енергії внаслідок використання ВЕР, який визначають для кожного поєднання агрегату-джерела ВЕР з конкретним типом КВГ.

Таблиця 6. Узагальнені характеристики ВЕР промисловості та суднової енергетики

ПЕР	ВЕР	
	Різновид ВЕР	Характеристика, параметри
Тверде, рідке, газоподібне паливо або електроенергія для електроенергії та технологічних процесів та охолоджуюча вода	Промислові підприємства	
	Відхідні горючі газы печей: а) коксовий газ	$Q_H^P = 1760\text{--}1800 \text{ кДж/м}^3$ , питома вага $0,4\text{--}0,55 \text{ кг/м}^3$ , вибухонебезпечний Склад: $\text{CO}_2 = 2\text{--}4 \%$ , $\text{CO} = 6\text{--}8 \%$ ; $\text{H}_2 = 55\text{--}62 \%$ ; $\text{CH}_4 = 24\text{--}28 \%$ , етилен, пропілен та інші – $2\text{--}3 \%$ ; $\text{N}_2 = 2\text{--}3 \%$ ; $\text{O}_2 = 0,4\text{--}0,8 \%$ $Q_H^P = 3350\text{--}4610 \text{ кДж/м}^3$ Склад: $\text{CO}_2 = 10\text{--}12,5 \%$ ; $\text{CO} = 28,5\text{--}30,5 \%$ ; $\text{H}_2 = 1,5\text{--}3,8 \%$ ; $\text{N}_2 = 58\text{--}59,5 \%$ ; $\text{O}_2 = 0,1\text{--}0,2 \%$ Питома вага $1,28\text{--}1,3 \text{ кг/м}^3$ , теоретична температура горіння $1430\text{--}1500 \text{ }^\circ\text{C}$ , для спалювання $1 \text{ МДж}$ газу потреба кисню – $0,19 \text{ м}^3$
	б) доменний газ	$Q_H^P = 11300 \text{ кДж/м}^3$ , високоокисний, вибухонебезпечний; склад: $\text{CO} = 85 \%$ ; $\text{H}_2 = 4 \%$ ; $\text{N}_2 = 5,6 \%$ ; $\text{O}_2 = 1 \%$ ; $\text{CO}_2 = 3 \%$ ; $\text{H}_2\text{S} = 0,4 \%$
	в) феросплавний газ	$Q_H^P = 10000\text{--}15000 \text{ ккал/м}^3$
	Відхідні горючі газы підприємств нафтової промисловості	$t_{\text{ВГ}} > 500\text{--}1000 \text{ }^\circ\text{C}$
Нагріта охолоджуюча вода та пара випарного охолодження Тепло, яке виділяється розплавленими металами, коксом і шлаками печей	Відхідні гарячі газы промислових печей	$t_{\text{ВГ}} < 95 \text{ }^\circ\text{C}$ , $P_{\text{ВГ}} = 1,6\text{--}4 \text{ атмосфери}$
	Нагріта охолоджуюча вода та пара випарного охолодження	$t_{\text{ВГД}} > 1000 \text{ }^\circ\text{C}$

Електроенергія для обслуговування силових і термічних процесів та освітлення	Внутрішні тепловиділення у виробничих приміщеннях Нагріта вода зливу виробничих агрегатів	$t < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Газ і рідке паливо для обслуговування технологічних процесів (ДВЗ повітрядувні, компресорні та інші агрегати) і охолоджуюча вода	Гарячі гази, що відходять з двигунів внутрішнього згоряння Нагріта охолоджуюча вода, що відходить з двигунів внутрішнього згоряння	$t_{\text{ВГ}} = 350\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{ОВ}} < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Пальна і технологічна сировина	Горючі тверді і рідкі відходи виробництва	$Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = 10000\text{ ккал/кг}$
Пара для обслуговування технологічних силових і нагрівальних процесів	Відпрацьована виробнича пара Вторинна виробнича пара Конденсат пари, який використовується для опалення (гаряча вода зливу) Внутрішні тепловиділення в виробничих приміщеннях	$P_{\text{ОП}} = 1,3\text{--}1,5\text{ атм}$ $P_{\text{ВП}} = 1\text{ атм}$ $t < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Гаряча вода для побутового теплопостачання	Забруднена вода зливу	$t < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
Теплові електростанції		
Тверде, рідке, газоподібне паливо	Нагріта охолоджуюча вода конденсаційних пристроїв турбін Димові гази котлоагрегатів Відпрацьовані гази і нагріта охолоджуюча вода ГТД Нагріта охолоджуюча вода системи охолодження електричних генераторів	$t_{\text{В}} < 25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{ВГ}} > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{ВГ}} > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{В}} > 25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{В}} > 25\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$

ПЕР	ВЕР	
	Різновид ВЕР	Характеристика, параметри
Енергія водних ресурсів	Гідроелектростанції	
	Нагрівта охолоджуюча вода системи замкнутого охолодження електричних генераторів	$t_B > 25-30\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Нагрівте повітря системи розімкнутого повітряного охолодження електричних генераторів	$t_{П} < 60-65\text{ }^{\circ}\text{C}$

*Фактичний виробіток (енергії) внаслідок використання ВЕР* – виробіток енергії внаслідок використання ВЕР, одержаний на діючих КВГ за певний період.

*Використання ВЕР* – енергетичний потенціал продукції, відходів, побічних та проміжних продуктів, зокрема палива та тепла, які отримують безпосередньо як ВЕР в технологічних агрегатах (установках, процесах), використаний споживачем.

*Використання виробітку (внаслідок використання ВЕР)* – тепла, електрична чи механічна енергія, яку вироблено у КВГ внаслідок використання ВЕР і використано споживачем.

*Можлива економія палива внаслідок використання ВЕР* – кількість палива, яке могло бути зекономлено за повного використання можливого виробітку.

*Фактична економія палива внаслідок використання ВЕР* – кількість палива, зекономленого внаслідок фактичного використання ВЕР.

Економію палива внаслідок використання ВЕР визначають в:

умовному паливі (УП), теплота згоряння однієї тони якого становить 29,3 ГДж;

нафтовому еквіваленті (НЕ), теплота згоряння однієї тони якого становить 41,87 ГДж.



### *Методика визначення виходу ВЕР*

Вихід ВЕР визначають для кожного агрегату ВЕР, беручи до уваги питомий вихід ВЕР та витрати сировини чи годинний вихід та кількість годин роботи агрегату ВЕР за певний період часу.

Питомий (годинний) вихід ВЕР визначають як добуток питомої (годинної) кількості енергоносія на його енергетичний потенціал. Енергетичний потенціал енергоносіїв визначають:

для паливних ВЕР – найнижчою теплотою згоряння,

для теплових ВЕР – перепадом ентальпій,

для ВЕР надлишкового тиску – роботою ізоентропного розширення одиниці об'єму енергоносія.

Питомий  $q_{\text{пит}}^{\Pi}$  або годинний вихід паливних ВЕР на одиницю продукції чи за годину –  $q_{\text{пит}}^{\Pi} = V_{\text{пит}}^{\Pi} Q_{\text{H}}^{\text{P}}$ ,  $q_t^{\Pi} = V_{\text{пит}t}^{\Pi} Q_{\text{H}}^{\text{P}}$ , де  $V_{\text{пит}}^{\Pi}$  – питомий об'єм енергоносія паливних ВЕР на одиницю продукції, м<sup>3</sup>/од. прод.;  $V_{\text{пит}t}^{\Pi}$  – питомий об'єм енергоносія паливних ВЕР на годину (годинний об'єм), м<sup>3</sup>/год.

Вихід паливних ВЕР  $Q_{\text{H}}^{\text{P}}$  за певний проміжок часу обчислюють з врахуванням випуску основної продукції або тривалості роботи агрегату ВЕР.

Питомий вихід теплових ВЕР  $q_{\text{пит}}^{\text{T}}$  на одиницю продукції чи годинний вихід теплових ВЕР  $q_t^{\text{T}}$  (кДж/год) –  $q_{\text{пит}}^{\text{T}} = m_{\text{пит}} \Delta h$ ,  $q_t^{\text{T}} = m_t \Delta h$ , де  $m_{\text{пит}}$  – питома кількість енергоносія для теплових ВЕР, кг/од. прод., м<sup>3</sup>/од. прод.;  $m_t$  – годинна кількість енергоносія для теплових ВЕР, кг/год., м<sup>3</sup>/год.;  $\Delta h$  – перепад ентальпій енергоносія, кДж/кг чи кДж/м<sup>3</sup>.

Питомий  $q_{\text{пит}}^{\text{H}}$  або годинний  $q_t^{\text{H}}$  вихід ВЕР надлишкового тиску для газоподібних енергоносіїв –  $q_{\text{пит}}^{\text{H}} = V_{\text{пит}}^{\text{H}} A$ ,  $q_t^{\text{H}} = V_{\text{пит}t}^{\text{H}} A$ , де  $V_{\text{пит}}^{\text{H}}$  – питомий об'єм;  $V_{\text{пит}t}^{\text{H}}$  – питомий годинний об'єм ВЕР, які утворилися, надлишкового тиску, м<sup>3</sup>/од. прод., м<sup>3</sup>/год;  $A$  – робота ізоентропного розширення одиниці маси чи одиниці об'єму газоподібних енергоносіїв, кДж/кг або кДж/м<sup>3</sup>.

*Вихід ВЕР, що утворюються як теплота відхідних газів паливоспалювальних агрегатів*  $Q_B^T$  (ГДж) обчислюють за формулою  $Q_B^T = B H 10^{-6}$ , де  $B$  – витрати палива, кг(м<sup>3</sup>),  $H$  – ентальпія продуктів згоряння,  $H = [C_{CO_2} V_{RO_2} + C_{H_2O} V_{H_2O}^0 + C_{N_2} V_{N_2}^0 C_n \times (\alpha - 1) V_O] t$ ,  $t$  – температура відхідних газів, °С;  $C_{CO_2}$ ,  $C_{H_2O}$ ,  $C_{N_2}$ ,  $C_n$  – середні об'ємні теплоємності відповідно двооксиду вуглецю, водяних парів, азоту та повітря, кДж/(м<sup>3</sup> °С);  $V_{RO_2}$ ,  $V_{H_2O}^0$ ,  $V_{N_2}^0$  – об'єми відповідно компонентів продуктів згоряння 1 кг або 1 м<sup>3</sup> палива, м<sup>3</sup>;  $V_0$  – теоретично необхідний об'єм повітря для спалювання 1 кг або 1 м<sup>3</sup> палива, м<sup>3</sup>.

*Вихід теплових ВЕР від систем охолодження визначають:*  
 з аналітичного розрахунку теплового балансу агрегату;  
 безпосереднім вимірюванням на агрегаті;  
 за допомогою розрахунку за відомим виробітком пари в системі випарного охолодження.

*Для водяного охолодження агрегату вихід теплових ВЕР –*  $Q_B^T = m_B \tau c_B (t_B'' - t_B') 10^{-3}$ , де  $m_B$  – маса охолоджувальної води, що витрачається за годину, т;  $\tau$  – тривалість роботи агрегату за розглядуваний період, год.;  $c_B$  – питома теплоємність води, кДж/(кг °С);  $t_B''$ ,  $t_B'$  – температура води на вході та виході із системи охолодження, °С.

*Для агрегатів, обладнаних випарним охолодженням, вихід ВЕР з охолодженням –*  $Q_B^T = \frac{D}{1 - \xi} \tau [x(t_B'' - h'_B) + (1 + p)(h'_B + h_{ЖВ})] 10^{-3}$ ,

де  $D$  – маса пари, виробленої за годину, т;  $\xi$  – коефіцієнт втрат енергії в довкілля КВГ та на тракті між агрегатом-джерелом ВЕР та КВГ;  $x$  – ступінь сухості пари, яка дорівнює відношенню маси сухої насиченої пари до маси вологої пари в системі випарного охолодження, у частках;  $h''$ ,  $h'$ ,  $h_{ЖВ}$  – ентальпія насиченої пари, води на лінії насичення та живильної води, відповідно, кДж/кг;  $p$  – коефіцієнт продування в частках від виробленої пари.

### *Методика розрахунку показників використання ВЕР*

*Можливий виробіток теплової енергії у вигляді пари чи гарячої води внаслідок використання теплових ВЕР* –  $Q_B = U(h_1 - h_2) \times \beta(1 - \xi)10^{-6}$ ;  $Q_B = B(H_1 - H_2)\beta(1 - \xi)10^{-6}$ , де  $U$  – маса чи об'єм енергоносія на вході до КВГ за розглядуваний період часу, кг, м<sup>3</sup>;  $h_1$  – ентальпія енергоносія на виході із агрегату ВЕР, кДж/кг або кДж/м<sup>3</sup>;  $h_2$  – ентальпія енергоносія за температури  $t_2$  на виході з КВГ, кДж/кг або кДж/м<sup>3</sup>;  $H_1$  і  $H_2$  – ентальпія продуктів згоряння 1 кг або 1 м<sup>3</sup> палива на виході із агрегату ВЕР і на виході з КВГ, відповідно, кДж/кг або кДж/м<sup>3</sup>;  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує зниження виробітку теплової енергії через невідповідність режиму та тривалості роботи КВГ і агрегату ВЕР.

### *Методика розрахунку економії умовного палива внаслідок використання ВЕР*

За теплового напрямку використання ВЕР та роздільної схеми енергопостачання підприємства *економія умовного палива*  $B_{\text{екуп}}(\text{т}) - B_{\text{екуп}} = b_{3\text{уп}} Q_{\text{вик}} = b_{3\text{уп}} Q_B \sigma$ , де  $Q_{\text{вик}}$  – використані теплові ВЕР, ГДж;  $Q_B$  – виробіток теплової енергії внаслідок використання ВЕР в КВГ, ГДж;  $\sigma$  – коефіцієнт використання теплової енергії, виробленої внаслідок використання ВЕР, у частках від виробітку;  $b_{3\text{уп}}$  – питома витрата умовного палива на вироблення теплової енергії в заміщуваній котельній установці в тонах на ГДж –  $b_{3\text{уп}} = 0,0342/\eta_3$ , де 0,0342 – коефіцієнт еквівалентного переведу 1 ГДж на масу умовного палива, т;  $\eta_3$  – ККД заміщуваної енергетичної установки.

### *Методика розрахунку показників ефективності енергозбережних заходів унаслідок використання ВЕР*

Прибуток підприємства внаслідок використання ВЕР за розглядуваний період –  $\text{Пр} = \text{Ц}_{\text{ВЕР}} - \text{С}_{\text{ВЕР}}$ , де  $\text{Ц}_{\text{ВЕР}}$  – відпускна ціна енергії, отриманої внаслідок використання ВЕР, грн;  $\text{С}_{\text{ВЕР}}$  – собівартість відпущеної енергії, отриманої внаслідок використання ВЕР, грн. Прибуток унаслідок використання ВЕР визначають тільки тоді, коли енергію відпускають стороннім споживачам.

Якщо енергія ВЕР не відпускається на сторону, для оцінювання ефективності заходів з утилізації ВЕР використовується *показник вартості зекономленого палива* –  $S_{\text{ек}} = B_{\text{ек}_{\text{уп}}} C_{\text{Т}_{\text{уп}}}$ , де  $C_{\text{Т}_{\text{уп}}}$  – вартість умовного палива масою 1 т на підприємстві, грн.

*Термін окупності* капітальних вкладень у заходи з використання ВЕР –  $P_{\text{ок}} = K_{\text{ВЕР}} / \text{Пр}$ ;  $P_{\text{ок}} = K_{\text{ВЕР}} / (S_{\text{ек}} - C_{\text{ВЕР}})$ , де  $K_{\text{ВЕР}}$  – капітальні вкладення в установку з використання ВЕР, грн.

### **Послідовність виконання завдання**

1. Обчислюється теоретично необхідний об'єм повітря  $V_0$ , м<sup>3</sup>.
2. Знаходяться об'єми компонентів продуктів згоряння заданого палива  $V_{\text{RO}_2}$ ,  $V_{\text{H}_2\text{O}}^0$ ,  $V_{\text{N}_2}^0$ , м<sup>3</sup>.
3. Розраховується ентальпія продуктів згоряння  $H_1$  на виході з агрегату або двигуна.
4. Оцінюється вихід ВЕР  $Q_{\text{В}}^{\text{T}}$ , ГДж.
5. Розраховується ентальпія продуктів згоряння  $H_2$  на виході з котла з урахуванням підсосу повітря до КВГ.
6. Оцінюється можливий виробіток теплової енергії у вигляді пари  $Q_{\text{T}}$  з урахуванням, що  $b = 0,95$  та  $\xi = 0,1$ .
7. Обчислюється економія умовного палива  $B_{\text{ек}_{\text{уп}}}$  та термін окупності  $P_{\text{ок}}$ , враховуючи коефіцієнт використання теплової енергії  $\sigma = 1$ .

### **Практичне завдання № 3. Вивчення конструкції та розрахунок основних геометричних і режимних характеристик теплових акумуляторів (ТА)**

Теплові акумулятори призначені для усунення розбіжностей між надходженням теплоти ВЕР та споживанням енергії на технологічні потреби і виключення режимних втрат.

У пароводяному акумуляторі (ПВА) (рис. 2,*a*) пара (П) ВЕР з тиском зарядки  $p_3$  через клапан ДС, що не допускає пониження цього тиску "до себе", надходить у кількості, що перевищує теплоспоживання ( $q_{\text{ВЕР}} - q_{\text{ТП}}$ ), до ряду сопел, розташованих всередині горизонтального циліндру довжиною близько 20 м, діаметр



ром 3 м, заповненого на 85–90 % водою. Сопла з дифузорами розміщуються нижче рівня води по довжині ПВА приблизно через 1 м. Струмені пари з сопел підсмоктують воду і, за рахунок теплоти конденсації при змішуванні, нагрівають її до температури насичення при тиску в акумуляторі  $p_a$ , який коливається від мінімуму при повній розрядці  $p_p$  до максимуму при повній зарядці  $p_3$ . В цьому діапазоні тисків ПВА і працює.

**Таблиця 7. Вихідні дані для розрахункового завдання № 3**

Порядковий номер у групі	Тип ТА	$\Delta Q_a$ , ГДж	$P_3$ , МПа	$P_p$ , МПа	$t_r$ , °C	$t_x$ , °C	$\mu$
1	ПВА	1	1,5	0,6	—	—	0,85
2	ПВА	1,1	1,6	0,6	—	—	0,85
3	ПВА	1,2	1,7	0,6	—	—	0,85
4	ПВА	1,3	1,8	0,6	—	—	0,9
5	ПВА	1,4	1,9	0,6	—	—	0,9
6	ПВА	1,5	2,0	0,6	—	—	0,9
7	ПВА	1,1	1,5	0,7	—	—	0,85
8	ПВА	1,2	1,6	0,7	—	—	0,85
9	ПВА	1,3	1,7	0,7	—	—	0,9
10	ПВА	1,4	1,8	0,7	—	—	0,9
11	ПВА	1	1,55	0,6	—	—	0,85
12	ПВА	1,1	1,65	0,6	—	—	0,85
13	ПВА	1,2	1,75	0,6	—	—	0,85
14	ПВА	1,3	1,85	0,6	—	—	0,9
15	ПВА	1,4	1,95	0,6	—	—	0,9
16	ВА	1,5	—	—	151,8	90	
17	ВА	1,1	—	—	151,8	90	
18	ВА	1,2	—	—	165	90	
19	ВА	1,3	—	—	165	96,7	
20	ВА	1,4	—	—	158,8	96,7	
21	ВА	1	—	—	158,8	96,7	
22	ВА	1,1	—	—	175,4	93,5	
23	ВА	1,2	—	—	165	93,5	
24	ВА	1,3	—	—	170,4	99,6	
25	ВА	1,4	—	—	170,4	99,6	
26	ВА	1,5	—	—	151,8	93,5	
27	ВА	1,1	—	—	184,1	86	
28	ВА	1,2	—	—	143,6	86	
29	ВА	1,3	—	—	184,1	90	
30	ВА	1,4	—	—	151,8	90	

Відбір пари від ПВА при перевищенні споживання над виробітком здійснюється через клапан ПС<sub>1</sub>, який не допускає пониження тиску у паропроводі споживання, тобто підтримує баланс надходження і витрати пари. Через обвід ПВА з клапаном ПС<sub>2</sub> під час зарядки проходить необхідна для теплоспоживання кількість пари, а при розрядці – вся пара ВЕР.

Водяний акумулятор (ВА) постійного об'єму та тиску (рис. 2,б) – вертикальний циліндр, до якого знизу за допомогою насоса Н<sub>1</sub> від мережі підводиться зворотна ("холодна") вода зі змінною температурою  $t_x$ . Підігріта до заданої постійної температури  $t_r$  ("гаряча") вода повертається до споживачів по трубопроводу з верхньої частини ВА.

Нагрів води здійснюється у іншому паралельному контурі, який включає до себе поверхневий теплообмінник ТО і насос Н<sub>2</sub> або (замість них) пароструминний ежектор Е, що забезпечує нагрів та циркуляцію води. Теплота на нагрівання пара (П) ВЕР надходить через регулятор – клапан ДС. Постійний рівень температури за контуром нагріву (ТО або Е) підтримується датчиком температури, який керує регулятором РТ відповідно до кількості підведеної теплоти, та враховує коливання температури зворотної води. Вихід води дорівнює підводу зворотної. У кінці процесу зарядки ВА заповнюється зверху "гарячою" водою з температурою  $t_r$ , а у кінці розрядки – знизу водою з температурою  $t_x$ .

Для вирівнювання потоків пари, яка надходить від установок використання ВЕР, доцільно застосовувати акумулятори котлової води (АКВ). За умови, коли вихід ВЕР перевищує середнє розрахункове значення за годину, надлишок теплоти направляють до АКВ, після якого нагріта вода використовується для живлення замість води від деаератора, коли вихід ВЕР стає нижче середнього значення за годину.

*Методика визначення основних геометричних і режимних характеристик теплових акумуляторів*

Об'єм ПВА, м<sup>3</sup>, необхідний для акумуляції заданої кількості теплоти  $\Delta Q_a$

$$V_{\text{ПВА}} = \frac{1}{\mu \rho_3} \Delta Q_a / \Delta h_B,$$

де  $\mu$  – коефіцієнт заповнення об'єму акумулятора водою (0,85–0,9);  $\rho_3$  – питома вага води при температурі насичення при  $P_3$ , т/м<sup>3</sup>;  $\Delta h_B = h_{B3} - h_{Br}$ , де  $h_{B3}$ ,  $h_{Br}$  – питома ентальпія води при температурі насичення для тиску зарядки та розрядки відповідно.

Об'єм ВА, м<sup>3</sup>, необхідний для акумуляції заданої кількості теплоти  $\Delta Q_a$

$$V_{BA} = \frac{1}{\rho_r} \Delta Q_a / \Delta h_B,$$

де  $\rho_r$  – питома вага води при температурі  $t_r$ , т/м<sup>3</sup>;  $\Delta h_B = h_{Br} - h_{Bx}$ , де  $h_{Br}$ ,  $h_{Bx}$  – питомі ентальпії води при температурах  $t_r$ ,  $t_x$  відповідно.

Об'єм АКВ визначається аналогічно ВА.

Механічний розрахунок акумулятора виконується на тиск  $P_3$  з урахуванням висоти корпусу  $H$  на тиск води в трубопроводі  $p + 0,01H$ .

Маса корпусу

$$G \approx 2VSp_M(2/R + 1/H),$$

де  $V$  – об'єм акумулятора, м<sup>3</sup>;  $S$  – товщина стінки, мм;  $\rho_M$  – питома вага металу, кг/м<sup>3</sup>;  $R$  – радіус, мм;  $H$  – висота, мм.

Товщина стінок –

$$S = D_b p / (2\sigma_d \phi - p) + c,$$

де  $p$  – розрахунковий тиск, МПа;  $D_b$  – внутрішній діаметр, мм;  $\sigma_d$  – допустиме напруження в металі, МПа;  $\phi$  – коефіцієнт міцності зварних з'єднань;  $c$  – додаток, який враховує утонення стінки під час виготовлення та протягом терміну експлуатації, мм (приймається 1 при  $S \leq 30$  мм та 0 при  $S > 30$  мм).

Допустиме напруження в металі

$$\sigma_d = K/n,$$

де  $K$  – характеристика міцності матеріалу;  $n$  – коефіцієнт запасу міцності,  $n = 1,7$ .

При необхідності, збільшення сумарного об'єму акумуляторів здійснюється за рахунок їх кількості або за рахунок висоти ТА.



## Послідовність виконання завдання

1. Визначається об'єм  $V_{\text{ВА}}$  або  $V_{\text{ПВА}}$ , необхідний для акумуляції заданої кількості теплоти  $\Delta Q_{\text{а}}$ .

2. Обчислюється внутрішній діаметр акумулятора  $D_{\text{в}}$  та довжина  $L$  для ПВА (згідно сортаменту сталей), або внутрішній діаметр акумулятора  $D_{\text{в}}$  та висота  $H$  для ВА ( $H$  згідно сортаменту сталей).

3. Вибирається матеріал корпусу акумулятора та його характеристики  $\sigma_{\text{д}}$  та  $\phi$ .

4. Розраховується товщина стінок корпусу акумулятора  $S$  з врахуванням міцності.

5. Оцінюється маса корпусу акумулятора  $G$ .

### **Практичне завдання № 4. Визначення доцільності застосування енергоефективних ламп замість ламп розжарювання у приміщеннях СЕУ або на промислових підприємствах**

Для цілодобового освітлення виробничих приміщень необхідно 10 звичайних ламп розжарювання з терміном експлуатації  $T = 1000$  год або одна енергоефективна лампа з  $T = 10000$  год.

Вартість звичайної лампи  $\text{Ц}_{\text{ЛР}}$ , а енергоефективної –  $\text{Ц}_{\text{ЕФЛ}}$ , при цьому потужність звичайної лампи дорівнює  $P_{\text{ЛР}}$ , а енергоефективної –  $P_{\text{ЕФЛ}}$ . Тариф на електричну енергію встановлено у розмірі  $t_{\text{ЕЛ}}$ . Для закупівлі ламп можуть використовуватися різні джерела фінансування.

**Таблиця 8. Вихідні дані для розрахункового завдання № 4**

Порядковий номер у групі	$\text{Ц}_{\text{ЛР}}$ , \$	$\text{Ц}_{\text{ЕФЛ}}$ , \$	$P_{\text{ЛР}}$ , Вт	$P_{\text{ЕФЛ}}$ , Вт	Тариф $t_{\text{ЕЛ}}$ , \$/(кВт·год)
1	0,2	20	100	21	0,01
2	0,22	19,5	60	11	0,02
3	0,24	19	200	41	0,03
4	0,26	18,5	100	21	0,04
5	0,28	18	60	11	0,05
6	0,3	17,5	200	41	0,01
7	0,32	17	100	21	0,02
8	0,34	16,5	60	11	0,03

Продовж. табл. 8

Порядковий номер у групі	Ц <sub>ЛР</sub> , \$	Ц <sub>ЕФЛ</sub> , \$	Р <sub>ЛР</sub> , Вт	Р <sub>ЕФЛ</sub> , Вт	Тариф t <sub>ЕЛ</sub> , \$/ (кВт· год)
9	0,36	16	200	41	0,04
10	0,38	15,5	100	21	0,05
11	0,4	15	60	11	0,01
12	0,42	14,5	200	41	0,02
13	0,46	14	100	21	0,03
14	0,48	13,5	60	11	0,04
15	0,5	13	200	21	0,05
16	0,2	12,5	100	11	0,01
17	0,22	12	60	41	0,02
18	0,24	11,5	200	21	0,03
19	0,26	11	100	11	0,01
20	0,28	10,5	60	41	0,02
21	0,3	10	200	21	0,03
22	0,32	9,5	100	11	0,04
23	0,34	9	60	41	0,05
24	0,36	8,5	200	21	0,01
25	0,38	8,0	100	11	0,02
26	0,4	7,5	100	41	0,03
27	0,42	7	60	21	0,04
28	0,46	6,5	200	11	0,05
29	0,48	6	100	41	0,01
30	0,5	5,5	60	21	0,02

### Послідовність і приклад виконання завдання

Розрахунки виконуємо для двох варіантів:

1. Для освітлення приміщення застосовується одна енерго-ефективна лампу.
2. Для освітлення аналогічного приміщення застосовується 10 звичайних ламп розжарювання.

Витрати  $B_1$  на придбання та експлуатацію однієї енергоефек- тивної лампи становлять

$$B_1 = \frac{C_{\text{ЕФЛ}}}{(1+i)^0} + \frac{P_{\text{ЕФЛ}} \cdot T \cdot t_{\text{ЕЛ}}}{(1+i)^1} + \dots + \frac{P_{\text{ЕФЛ}} \cdot T \cdot t_{\text{ЕЛ}}}{(1+i)^{10}}.$$

Витрати  $B_2$  на послідовне придбання і експлуатацію 10 ламп розжарювання становлять

$$B_2 = \frac{C_{\text{ЛР}}}{(1+i)^0} + \frac{C_{\text{ЛР}} + P_{\text{ЛР}} \cdot T \cdot t_{\text{ЕЛ}}}{(1+i)^1} + \dots + \frac{C_{\text{ЛР}} + P_{\text{ЛР}} \cdot T \cdot t_{\text{ЕЛ}}}{(1+i)^{10}}.$$

Розрахунки виконуються для розмірів ставки і залучених коштів від 10 % до 120 % річних з кроком 10 %. Результати розрахунків наведено на рис. 3. Точка перетину залежностей  $B_1$  та  $B_2$  має координати  $i = 0,137$ ;  $B = \$ 12,95$ .

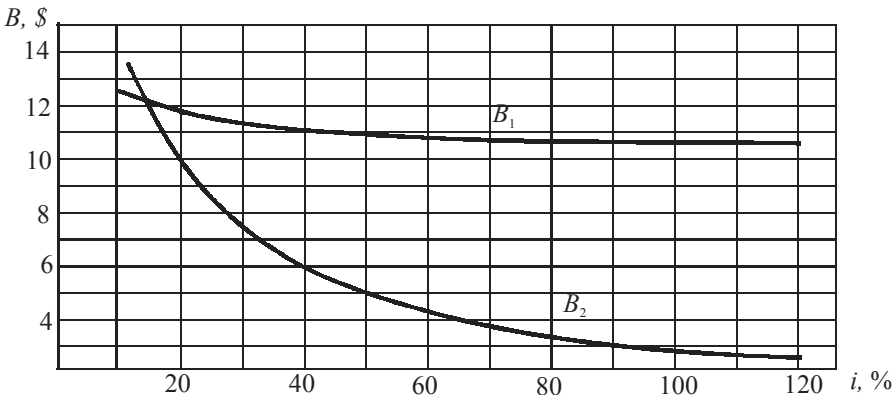


Рис. 3. Залежність витрат  $B_1$  та  $B_2$  від вартості залучених коштів  $i$

Аналіз витрат на придбання та експлуатацію різних типів ламп показав, що за умови, коли вартість залучених коштів і не перевищує 13,7 % річних, економічно доцільнішим є використання енергоефективних ламп ( $B_1 < B_2$ ).

За умови, коли вартість залучених коштів і перевищує 13,7 % на рік, економічно доцільнішим є використання ламп розжарювання, оскільки  $B_1 > B_2$ .

# РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

## Основна

1. *Большаков В.Ф., Решетников И.П., Яковенко В.Г.* Рациональное использование природных ресурсов на морском транспорте. – М.: Транспорт, 1992. – 256 с.
2. Енергетичні ресурси та потоки / Під заг. ред. *А.К. Шидловського*. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2003. – Т. 1. – 472 с.
3. Енергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення. ДСТУ 2804-94. – К.: Держстандарт України, 1995.
4. Забезпечення енергетичної безпеки України / Рада національної безпеки і оборони України, Нац. ін-т проблем міжнародної безпеки. – К.: НІПМБ, 2003. – 264 с.
5. Закон України "Про енергозбереження" // Закони України. – Т.7. – К., 1997.
6. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України / Під заг. ред. *А.К. Шидловського*. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2005. – 512 с.
7. *Колобков П.С.* Использование вторичных энергоресурсов в теплоснабжении. – Х.: Основа, 1991. – 224 с.
8. *Куперман Л.И., Романовский С.А., Сидельковский Л.Н.* Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности. – К.: Вища школа, 1986. – 303 с.
9. Паливно-енергетичний комплекс України у контексті глобальних енергетичних перетворень / Під заг. ред. *А.К. Шидловського*. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.
10. Ресурси енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання. ДСТУ 4090-2001. – К.: Держстандарт України, 2002.
11. *Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П.* Енергетична безпека України. Світові та національні виклики. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2006. – 408 с.

### Додаткова

12. Збірник нормативно-правових актів України та правових актів Європейського Союзу у сфері енергозбереження

13. Украина: Эффективность малой энергетики / Под общ. ред. *А. Романова*. – К.: Энергетический Центр Европейского Союза (Tasis), 1996. – 280 с.

14. Управління енерговикористанням: Збірник доповідей / Під заг. ред. проф. *А.В. Праховника*. – К.: Альянс за збереження енергії, 2001. – 568 с.

15. *Юрацик И.Л., Глущенко Л.Ф., Маторин А.С.* Утилизация теплоты приводных газотурбинных установок. – К.: Тэхника, 1991. – 152 с.

16. *Янтовский Е.И., Левин Л.А.* Промышленные тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.

### Періодичні видання

1. Щотижнева інформаційно-аналітична газета "Енергетика та електроніка". – К.: Енергоінформ.

2. Научно-технический журнал "Экотехнологии и ресурсосбережение". – К.: ЭССЭ.

3. Журнал "Судоходство". – О.: РИА "Медиакомпас".

4. Реферативний журнал "Джерело". Серія 2. Техніка. Промисловість. – К.: Ін-т пробл. реєстр. інформ. НАН Укр.

5. Реферативний журнал "Водний транспорт". – М.: ВИНТИ.

---

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
Загальні положення .....	5
Тематичний план дисципліни "Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження" .....	6
Зміст дисципліни та рекомендації до її вивчення .....	7
Контрольні питання з дисципліни .....	12
Склад контрольних робіт та варіанти завдань .....	21
Методичні вказівки до виконання розрахункових завдань .....	22
Практичне завдання № 1 .....	22
Практичне завдання № 2 .....	25
Практичне завдання № 3 .....	36
Практичне завдання № 4 .....	41
Рекомендована література .....	44

---

*Навчальне видання*

**РАТУШНЯК Ігор Олександрович  
СЕМЕНОВ Микола Миколайович  
РАТУШНЯК Любов Петрівна**

**ВТОРИННІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ  
ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**Методичні вказівки  
для студентів заочної форми навчання**

*(українською мовою)*

Комп'ютерна верстка Н.В. Ялова  
Коректор М.О. Паненко

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

---

Підписано до друку 24.12.07. Папір офсетний. Формат 60×84/16.  
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 2,7. Обл.-вид. арк. 2,9.  
Тираж 100 прим. Зам. № 383. Ціна договірна

---

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,  
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5

## This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.